

KARAKTERISTIK CAMPURAN BETON ASPAL (AC-WC) DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI KADAR FILLER ABU TERBANG BATU BARA

Anas Tahir *

Abstract

This research will try to use filler of fly ash coal that expected to add resistance layers asphalt concrete damaging weather and traffic load. The aim of this research is to know Marshall characteristic value on asphalts concrete mixing using fly ash coal. This research use experiment method which is attempt to get the result, thus the experiment will appear filler's exploit of fly ash coal on asphalts concrete construction with filler contents variation 4%, 5%, 6%, 7%, and 8% from the weight mixture. The result of this research shows that the using fly ash coal filler will influence the mixture characteristics of asphalts concrete. Too more of fly ash coal would be used causing the value of stability increase. On fly ash coal rate 4% the value of stability that gotten is 1518.124 kg increase, when use fly ash coal rate is added to 8%, the value of stability increases to 1640.499 kg. Flexibility value experience increasing along with filler of fly ash coal rate increase. Average increasing is 14,87% of fly ash filler rates 4 % to 8 % shows that mixing more gets stiff. The mixture durability increasing along with filler's rate increase of fly ash coal. When use filler's rate variation of fly ash coal 4 %, the durability value is 91.433%, use variation by filler contents of fly ash coal to 8%, durability value increases to 95.703%, with average increasing 2.02%.

Key words : Asphalt Concrete Mixture, Fly Ash Coal, Marshall Characteristics

Abstrak

Penelitian ini mencoba menggunakan bahan pengisi filler abu terbang batu bara yang diharapkan menambah daya tahan lapis perkerasan beton aspal terhadap kerusakan yang disebabkan oleh cuaca dan beban lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai karakteristik Marshall pada campuran beton aspal dengan menggunakan filler abu terbang batu bara. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu dengan suatu percobaan untuk mendapatkan hasil, dengan demikian akan terlihat pemanfaatan filler abu terbang batu bara pada konstruksi beton aspal dengan variasi kadar filler 4%, 5%, 6%, 7%, dan 8% terhadap total campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan filler abu terbang batu bara akan mempengaruhi karakteristik campuran beton aspal. Semakin banyak filler abu terbang batu bara yang digunakan, menyebabkan nilai stabilitas semakin meningkat. Pada kadar filler abu terbang batu bara 4% nilai stabilitas yang didapatkan sebesar 1518.124 Kg, pada saat kadar filler abu terbang batu bara ditambahkan sampai pada kadar 8%, nilai stabilitas meningkat menjadi 1640.499 Kg. Nilai fleksibilitas mengalami peningkatan seiring pertambahan kadar filler abu terbang batu bara. Dengan peningkatan rata-rata sebesar 14,87% dari kadar filler abu terbang batu bara 4 % sampai 8 % menunjukkan bahwa campuran lebih bersifat kaku. Durabilitas campuran mengalami peningkatan seiring pertambahan kadar filler abu terbang batu bara. Pada saat campuran menggunakan variasi kadar filler abu terbang batu bara sebesar 4 %, memiliki nilai durabilitas sebesar 91.433%, setelah divariasikan dengan kadar filler abu terbang batu bara sampai pada 8%, nilai durabilitas meningkat menjadi 95.703%, dengan rata-rata peningkatan sebesar 2.02%.

Kata Kunci : Campuran Beton aspal, Abu terbang batubara, Karakteristik Marshall

1. Pendahuluan

Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Campuran beton aspal tersebut terdiri atas agregat kasar,

agregat halus, filler dan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Filler yang biasa disebut juga bahan pengisi dapat diperoleh dari hasil pemecahan batuan secara alami maupun buatan. Filler

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

yang umum digunakan adalah jenis filler abu (debu) batu.

Bahan filler yang dimaksud adalah abu terbang batu bara, sebagai hasil pembakaran batu bara pada PLTU Tawaeli, Palu. Abu terbang batu bara adalah partikel halus yang merupakan endapan dari tumpukan bubuk hasil pembakaran batu bara yang dikumpulkan dengan alat *elektrostatik presipitator*. Abu terbang batu bara termasuk dalam kategori limbah industri yang mempunyai potensi sangat tinggi untuk digunakan dalam konstruksi jalan raya. Abu terbang batu bara dapat dijadikan sebagai mineral filler karena ukuran partikelnya yang sangat halus, dan dari beberapa literatur penelitian yang dilakukan sebelumnya, abu terbang batu bara mengandung unsur pozzolan, sehingga dapat berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dan pengikat aspal beton.

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan di lapangan (PLTU Tawaeli), Palu, jumlah produksi abu terbang batu bara sebagai hasil pembakaran batu bara, mencapai 10 - 15 ton perhari. Abu terbang batu bara tersebut belum dimanfaatkan secara berarti dan hanya menjadi limbah buangan disekitar wilayah PLTU. Oleh karena itu maka dicoba melakukan suatu penelitian eksperimen tentang pemanfaatan abu terbang batu bara sebagai filler pada campuran beton aspal lapis permukaan khususnya jenis AC-WC. Pada penelitian ini akan menitikberatkan sejauh mana pengaruh variasi kadar filler abu terbang batu bara terhadap karakteristik campuran beton aspal, sehingga nantinya dapat diketahui karakteristik campuran sehubungan dengan perubahan kadar filler tersebut. Dan diharapkan nantinya abu terbang batu bara yang dulunya merupakan bahan buangan dapat dimanfaatkan sebagai bahan filler alternatif dalam konstruksi jalan raya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh adanya penggunaan variasi kadar filler abu

batu bara terhadap karakteristik campuran beton aspal (AC-WC).

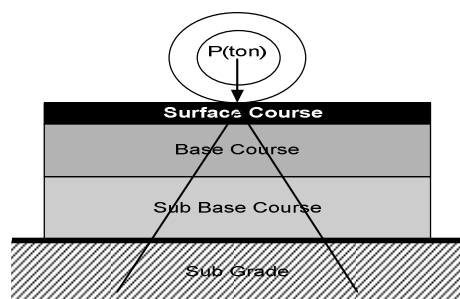
2. Tinjauan Pustaka

2.1 Beton Aspal (AC-WC)

Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Adapun susunan lapis konstruksi perkerasan lentur terdiri dari (Silvia Sukirman, 1999) :

- Lapis permukaan (*surface course*)
- Lapis pondasi atas (*base course*)
- Lapis pondasi bawah (*subbase course*)
- Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Susunan konstruksi perkerasan jalan dapat dilihat, pada gambar 1.



Gambar 1. Susunan konstruksi perkerasan jalan

Berdasarkan gambar diatas maka lapisan yang paling berat menerima beban adalah lapisan *surface course* yang kemudian didistribusikan kelapisan dibawahnya. Atau dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : P = Beban dan A = Luas Penampang Daerah Tekanan

Jenis lapisan aspal beton campuran panas, terbagi menjadi 3 yaitu:

- a. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan tebal minimum AC – WC adalah 4 cm. Lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya.
- b. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dengan tebal minimum AC – BC adalah 5 cm. Lapisan ini untuk membentuk lapis pondasi jika digunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.
- c. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*) dengan tebal minimum AC-Base adalah 6 cm. Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca tetapi memerlukan stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.

2.2 Campuran Beton Aspal (AC WC)

a. Persyaratan Sifat Agregat

Secara umum bahan penyusunan beton aspal terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi dan aspal sebagai bahan pengikat. Dimana bahan bahan tersebut sebelum digunakan harus diperiksa di laboratorium. Agregat yang akan dipergunakan sebagai material campuran perkerasan jalan haruslah memenuhi persyaratan sifat dan

gradasi agregat seperti yang ditetapkan didalam buku spesifikasi pekerjaan jalan atau ditetapkan badan yang berwenang.

Menurut Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI untuk Campuran Beraspal Panas, Dep. PU, Edisi April 2007 memberikan persyaratan untuk agregat sebagai berikut :

- Agregat Kasar
Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah agregat yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm) dan haruslah bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 1.
- Agregat Halus
Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm), yang harus memenuhi persyaratan agregat halus sebagai berikut:
 - 1). Agregat halus dari sumber bahan manapun harus terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 8 (2,36 mm) sesuai SNI 03-6819-2002.
 - 2). Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditumbuk terpisah dari agregat kasar.
 - 3). Pasir boleh digunakan dalam campuran beraspal. Presentase maksimum yang diisyaratkan untuk Beton Aspal (AC) adalah 10%.
 - 4). Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu. Agar dapat memenuhi persyaratan yang ditentukan batu pecah harus diproduksi dari batu yang bersih.
 - 5). Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan

harus dipasok ke instalasi pencampuran aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*Cold bin Feeds*) yang terpisah sedemikian rupa sehingga rasio agregat pecah halus dan pasir dapat dikontrol dengan baik.

- 6). Agregat halus harus mempunyai ketentuan seperti ditunjukkan pada tabel 2.

- Bahan Pengisi (filler)

Debu batu (*stonedust*) dan bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan penyaringan sesuai SNI 03-4142-1996 harus mengandung bahan yang lolos saringan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75 % dari

yang lolos saringan No. 30 (600 micron) dan mempunyai sifat non plastis serta harus memenuhi gradasi sesuai tabel 3.

2.3 Bahan Pengikat (Aspal)

a. Pengertian aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam maupun pelaburan.

Tabel 1. Ketentuan Agregat Kasar untuk Campuran Beton Aspal

Jenis Pemeriksaan	Standar	Syarat Maks/Min
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 03-3407-1994	Maks. 12 %
Abrasi dengan Mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Angularitas	SNI 03-6877-2002	95/90(*)
Partikel Pipih dan Lonjong(**)	RSNI T-01-2005	Maks. 10 %
Material lolos Saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks.1 %

(Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU, Edisi April 2007)

Catatan :

(*) 95/90 menunjukkan bahwa 95 % agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90 % agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

(**) Pengujian dengan perbandingan lengan alat uji terhadap poros 1 : 5.

Tabel 2. Ketentuan Agregat Halus untuk Campuran Beton Aspal

Jenis Pemeriksaan	Standar	Syarat Maks/Min
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Maks. 50 %
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 8 %
Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min. 45 %

(Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU, Edisi April 2007)

Tabel 3. Spesifikasi filler untuk campuran beton aspal

Saringan (mm)	% Lolos
0,600 (No. 30)	100
0,300 (No. 50)	90 – 100
0,075 (No. 200)	75 - 100

(Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU, Edisi April 2007)

Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). (Silvia Sukirman, 1999).

b. Jenis aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya aspal dibedakan atas :

- a). Aspal Alam
- b). Aspal Buatan

Aspal jenis ini diperoleh dari hasil destilasi atau penyulingan minyak bumi sehingga sering disebut aspal minyak dan aspal inilah yang umum digunakan yang berasal dari bahan baku minyak bumi dengan kandungan parafin yang rendah.

Adapun jenis – jenis aspal minyak adalah sebagai berikut :

- a). Aspal Keras / Panas (*Asphalt Cement, AC*), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas serta penyimpanannya dalam bentuk padat pada temperatur ruang antara 25°C - 30°C. AC dengan penetrasi rendah dipakai untuk daerah yang memiliki cuaca panas atau volume lalu lintasnya tinggi, sedangkan AC dengan penetrasi tinggi dipakai untuk daerah dingin atau untuk volume lalu lintasnya rendah. Di Indonesia umumnya dipakai penetrasi 60/70 dan 80/100.
- b). Aspal Dingin / Cair (*Cutback Asphalt*), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair pada suhu ruang. Aspal ini dibuat dengan mencampur aspal keras / panas (AC) dengan bahan pencair hasil penyulingan minyak

bumi yang berbentuk cair dalam temperatur ruang seperti minyak tanah, bensin atau solar. Terdiri dari :

- RC (*Rapid Curing Cut Back*) : AC + gasoline/premium
- MC (*Medium Curing Cut Back*) : AC + kerosene/minyak tanah
- SC (*Slow Curing Cut Back*) : AC + diesel oil/solar

- c). Aspal Emulsi (*Emulsion Asphalt*), adalah aspal yang lebih cair dari aspal cair yaitu campuran aspal, air dan bahan pengemulsi. Memiliki sifat dapat menembus pori-pori halus dalam batuan yang tidak dapat dilalui aspal cair biasa karena sifat pelarut yang membawa aspal dalam emulsi lebih mempunyai daya tarik terhadap batuan yang lebih baik dibanding aspal cair. Digunakan dalam keadaan dingin dan panas digunakan campuran dingin atau penyemprotan dingin.

Aspal keras (AC) dengan penetrasi rendah digunakan didaerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Pada penelitian ini akan digunakan aspal cement Penetrasi 60/70. Selain itu aspal untuk lapis beton harus memenuhi beberapa syarat sebagaimana tercantum pada tabel 4.

2.4 Gradasi Campuran Beton Aspal

Gradasi agregat merupakan salah satu sifat yang sangat

menentukan kinerja/daya tahan jalan. Setiap jenis perkerasan jalan mempunyai gradasi agregat tertentu yang dapat dilihat didalam setiap spesifikasi material perkerasan jalan. Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal panas ditunjukkan

pada tabel dibawah ini. Gradasi agregat gabungan Laston harus berada didalam batas – batas titik kontrol (*control point*) dan harus berada diluar daerah larangan dan sebagai mana yang ditunjukkan pada tabel 5

Tabel 4. Persyaratan Aspal Keras Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
			Pen 60/70
1.	Penetrasi, 25 °C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 79
2.	Titik Lembek, °C	SNI 06-2434-1991	48 - 58
3.	Daktilitas 25 °C, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100
4.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
5.	Penurunan Berat (dengan TFOT), % berat	SNI 06-2440-1991	Max. 0,8

(Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU, Edisi April 2007)

Tabel 5. Batas – Batas Gradasi Campuran Beton Aspal

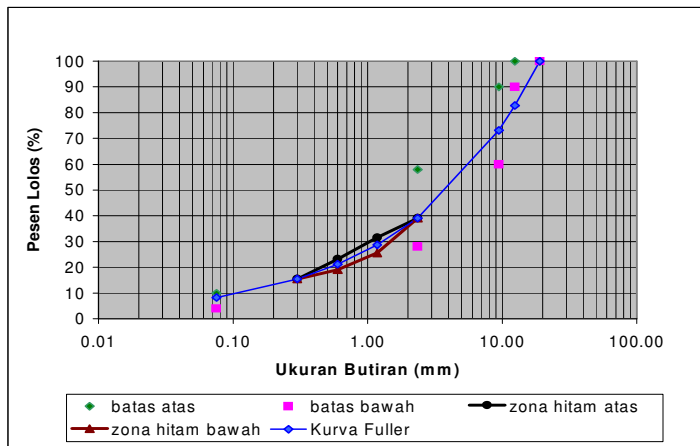
Ukuran Saringan		% Berat Yang Lolos				
		Laston (HRS)		Laston (AC) ²		
ASTM	(mm)	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5					100
1"	25				100	90 - 100
¾"	19	100	100	100	90 - 100	Maks.90
½"	12,5	90 - 100	90 - 100	90 - 100	Maks.90	
3/8"	9,5	75 - 85	65 - 100	Maks.90		
No.4	4,75					
No.8	2,36	50 - 72 ¹	35 - 55 ¹	28 - 58	23 - 49	19 - 45
No.16	1,18					
No.30	0,600	35 - 60	15 - 35			
No.200	0,075	6 - 12	2 - 9	4 - 10	4 - 8	3 - 7
				Daerah Larangan		
No.4	4,75			-	-	39,5
No.8	2,36			39,1	34,6	26,8 - 36,8
No.16	1,18			25,6 - 31,6	22,3 - 28,3	18,1 - 24,1
No.30	0,600			19,1 - 23,1	16,7 - 20,7	13,6 - 17,6
No.50	0,300			15,5	13,7	11,4

(Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU, Edisi April 2007)

Catatan :

1. Untuk HRS-WC dan HRS-Base, harus dijaga kesenjangan, dimana paling sedikit 80% dari butiran yang lolos saringan No. 8 harus juga lolos saringan No. 30 (0,600 mm).

2. Untuk AC, digunakan titik kontrol gradasi agregat, berfungsi sebagai batas-batas rentang utama yang harus ditempati oleh gradasi-gradasi tersebut. Batas-batas gradasi ditentukan pada saringan ukuran nominal maksimum, saringan menengah (2,36 mm) dan saringan terkecil (0,075 mm).



Gambar 2. Grafik Spesifikasi Gradasi

Tabel 6. Persyaratan Campuran Lapis Beton Aspal

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,5		
	Max	5,5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1500
	Max	-		-
Pelelehan (mm)	Min	3		5
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250		300
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C pada VIM $\pm 7\%$	Min	80		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan Membal (refusal)	Min	2,5		

(Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU, Edisi April 2007)

2.5 Persyaratan Campuran Beton Aspal

Campuran untuk lapis beton aspal pada dasarnya terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi dan aspal. Masing – masing fraksi agregat terlebih dahulu harus diperiksa gradasinya dan selanjutnya

digabungkan menurut perbandingan yang menghasilkan agregat campuran yang memenuhi spesifikasi gradasi. Spesifikasi umum dari campuran beton aspal dapat dilihat pada tabel 6.

2.6 Karakteristik Campuran Beton Aspal

Menurut Silvia Sukirman (2003) bahwa campuran dari aspal dan agregat yang direncanakan harus dapat memenuhi karakteristik tertentu agar dapat bertahan pada kondisi beban lalu lintas dan iklim sehingga dapat menghasilkan suatu perkerasan yang kuat, aman dan nyaman. Maka setiap campuran beton aspal (AC) harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

1) Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

2) Keawetan (*durabilitas*)

Keawetan atau *durabilitas* adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. *Durabilitas* beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

3) Kelenturan (*fleksibilitas*)

Kelenturan atau *fleksibilitas* adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi / settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah

asli. *Fleksibilitas* dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4) Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

5) Kekesatan / tahanan geser (*skid resistance*)

Kekesatan / tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Berikut adalah faktor – faktor yang mempengaruhi kekesatan jalan yaitu :

- Kekasaran permukaan dari butir-butir. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak hanya mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahanan
- Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir
- Gradasi agregat
- Kepadatan campuran
- Tebal film aspal
- Ukuran maksimum butir agregat

6) Kedap air (*impermeabilitas*)

Kedap air (*impermeabilitas*) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran. Tingkat *impermeabilitas* beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat *durabilitas*nya.

7) Kemudahan Pelaksanaan (*workability*)

Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah :

- Viscositas aspal
- Kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur
- Gradasi dan kondisi agregat

Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan.

dimasukan kedalam tempat penampungan abu terbang batu bara.



Gambar 3. Abu Terbang Batu Bara dari PLTU Tavaeli, Palu
Sumber : Documen pribadi

2.7 Penggunaan Abu Terbang Batu Bara Sebagai Filler

Abu Terbang Batu Bara

Abu terbang batu bara merupakan bahan anorganik sisa pembakaran batu bara dan terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran. Pada pembakaran batu bara dalam pembangkit tenaga listrik terbentuk dua jenis abu yakni abu terbang batu bara (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Partikel abu yang terbawa gas buang disebut abu terbang batu bara, sedangkan abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku disebut abu dasar. Sebagian abu dasar berupa lelehan abu disebut terak (*slag*). Abu terbang batu bara yang akan digunakan dalam peneltian ini adalah abu terbang batu bara dari hasil limbah PLTU Tawaeli Palu. Pengambilan abu terbang batu bara dilakukan pada satu lokasi pengambilan yaitu *Hopper*. *Hopper* merupakan bangunan berbentuk kerucut yang berfungsi menampung abu terbang batu bara (ukuran partikelnya agak halus) yang berhasil ditangkap oleh alat *Elektrostatik Presipirator* sebelum

3. Metode Penelitian

3.1 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako.

3.2 Prosedur penelitian

Metode penelitian disusun untuk memberikan kemudahan dalam pelaksanaan sebuah penelitian sehingga berjalan lebih tepat efektif dan efisien. Tahapan prosedur pelaksanaan ini tergambar dalam suatu bagan alir metode penelitian. Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.

3.3 Prosedur Pemeriksaan Agregat dan Aspal

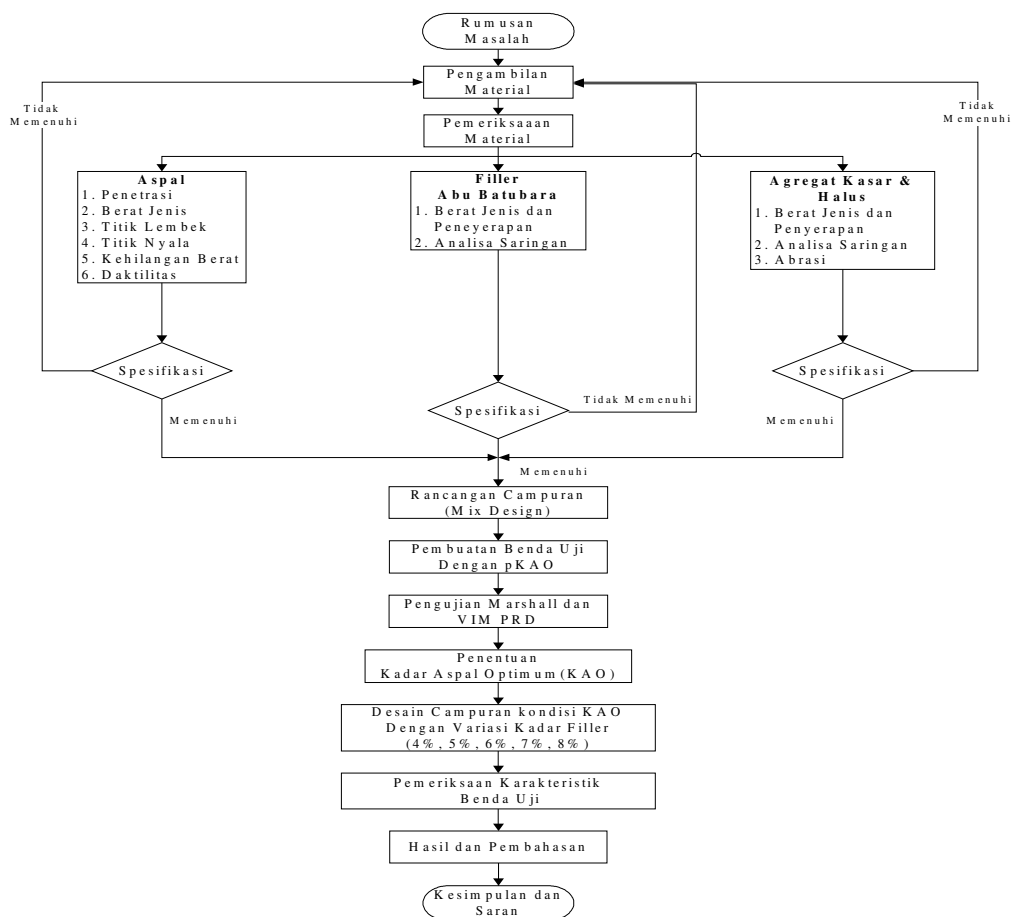
Untuk melakukan pemeriksaan agregat dan aspal dapat harus mengikuti prosedur seperti terlihat padat tabel 7.

3.4 Penentuan komposisi agregat masing-masing fraksi

Sebelum diadakan pencampuran maka gradasi campuran

yang akan digunakan harus ditentukan terlebih dahulu. Dalam penelitian ini komposisi campuran untuk masing-masing benda uji terdiri dari campuran agregat fraksi 3/4", 1/2", pasir, *dust*, dan filler, dengan gradasi agregat yang digunakan adalah gradasi *by portion* menggunakan gradasi campuran aspal

beton spesifikasi baru, divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU 2007. Filler yang digunakan adalah abu batu bara dengan variasi kadar berkisar antara, 4%, 5%, 6%, 7%, dan 8%, terhadap total agregat.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

Tabel 7. Prosedur Pemeriksaan agregat dan aspal

No.	Pemeriksaan	Standar Pemeriksaan	Satuan
A. Agregat Kasar			
1.	Gradasi	SNI 03 -1968-1990	%
2.	Abrasi	SNI 03 -2417-1991	%

Tabel 7. (lanjutan)

No.	Pemeriksaan	Standar Pemeriksaan	Satuan
A. Agregat Kasar			
3.	Berat Jenis Bulk	SNI 03 -1969-1990	-
4.	Berat Jenis Bulk	SNI 03 -1969-1990	-
5.	Berat Jenis Bulk	SNI 03 -1969-1990	-
6.	Penyerapan Air	SNI 03 -1969-1990	%
B. Agregat Halus			
1.	Gradasi	SNI 03 -1968-1990	%
2.	Berat Jenis Bulk	SNI 03 -1970-1990	-
3.	Berat Jenis Bulk	SNI 03 -1970-1990	-
4.	Berat Jenis Bulk	SNI 03 -1970-1990	-
5.	Penyerapan Air	SNI 03 -1970-1990	%
C. Bahan Pengisi			
1.	Berat Jenis	SNI 03-2460-1991	-
D. Aspal			
1.	Berat Jenis (25°C)	SNI 06-2441-1991	-
2.	Penetrasi (25°C, 5 det)	SNI 06-2456-1991	0,1 mm
3.	Titik Lembek (<i>ring and ball</i>)	SNI 06-2434-1991	°C
4.	Kehilangan Berat (163°C)	SNI 06-2440-1991	% berat
5.	Daktilitas	SNI 06-2432-1991	cm

(Sumber : Spesifikasi Umum Bidang Jalan & Jembatan Departemen PU, 2007)

Langkah awal yang dilakukan adalah dengan membagi masing-masing fraksi agregat menjadi lima bagian (3/4", 1/2", pasir, *dust*, dan filler), kemudian dilakukan penyaringan untuk pengujian analisa saringan sehingga dihasilkan berat lolos masing-masing fraksi. Dari hasil data % lolos tersebut, selanjutnya dicari komposisi agregat yang memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Setelah data % lolos untuk setiap fraksi diketahui, selanjutnya dibuat penentuan komposisi agregat lewat gradasi gabungan.

3.5 Perkiraan Kadar Aspal Dalam Campuran

Hasil dari komposisi campuran dengan *by Portion* selanjutnya akan digunakan untuk menentukan nilai kadar aspal yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat serta mengisi pori-pori antar agregat. Kadar aspal perkiraan dapat diperoleh dengan pertimbangan kuantitas agregat pada tiap fraksi sehingga diharapkan kadar aspal yang digunakan tidak berlebihan. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan menggunakan rumus empirik.

Perkiraan kadar aspal dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$pKAO = 0,0035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%filler) + K \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

pKAO = Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA = Persen agregat tertahan saringan No. 8

FA = Persen agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No.200

Filler = Persen agregat minimal 75% lolos No.200

K = konstanta (0,5-1,0 untuk AC)

Setelah diperoleh kadar aspal perkiraan, selanjutnya dibuatkan masing-masing lima variasi kadar aspal, dengan tiga kadar aspal diatas dan dua dibawah dari nilai kadar aspal

perkiraan (pKAO) dengan peningkatan dan penurunan sebesar 0,5%.

3.6 Pembuatan matriks benda uji

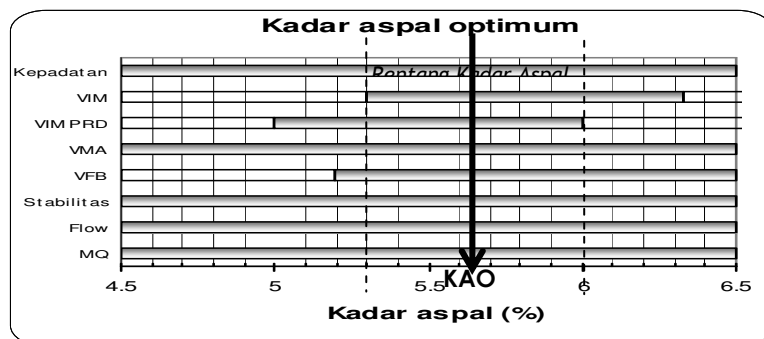
Pengumpulan data dilakukan secara sistematis dengan pencatatan seluruh data-data yang dihasilkan dari serangkaian pengujian dari awal hingga akhir dengan tetap memperhatikan validitas data yang dikumpulkan. Tabel 8 menyajikan jumlah benda uji keseluruhan selama penelitian.

3.7 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Penentuan kadar aspal optimum menggunakan grafik dengan memplot nilai-nilai karakteristik dari hasil pengujian Marshall seperti pada gambar 5.

Tabel 8. Matriks Jumlah Benda Uji Kondisi pKAO

Kondisi PKAO					
PKAO	Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara (%)				
Kadar Aspal (%)	4	5	6	7	8
4.5	3	3	3	3	3
5.0	3	3	3	3	3
5.5	3	3	3	3	3
6.0	3	3	3	3	3
6.5	3	3	3	3	3
7.0	3	3	3	3	3



Gambar 5. Contoh Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Metode Bar Chart

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar Pecah $\frac{3}{4}$ "

No.	Pengujian	Standar Penelitian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan
1.	Abrasi	SNI 03-2417-1991	30,43	Maks. 40	%
2.	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	Lamp. 1	-	-
3.	- Berat Jenis	SNI 03-1969-1990			
	a. BJ. Bulk		2,672	Min. 2,5	-
	b. BJ SSD		2,693	Min. 2,5	-
	c. BJ Apparent		2,730	Min. 2,5	-
	- Penyerapan Agregat		0,787	Maks. 3	%

Tabel 10. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar Pecah $\frac{3}{8}$ "

No.	Pengujian	Standar Penelitian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan
1.	Abrasi	SNI 03-2417-1991	30,43	Maks. 40	%
2.	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	Lamp. 2	-	-
3.	- Berat Jenis	SNI 03-1969-1990			
	a. BJ. Bulk		2,637	Min. 2,5	-
	b. BJ SSD		2,673	Min. 2,5	-
	c. BJ Apparent		2,737	Min. 2,5	-
	- Penyerapan Agregat		1,397	Maks. 3	%

(Sumber : Hasil Olah Data 2009)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil pengujian material

Dari hasil pemeriksaan yang dilaksanakan di laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako, diperoleh data pemeriksaan terhadap agregat kasar, halus dan bahan pengisi (filler) abu terbang batu bara, sebagai berikut:

a. Agregat kasar

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar pecah ukuran maksimum $\frac{3}{4}$ " dan $\frac{3}{8}$ " dari *Stone Crusher* Taipa, diperoleh nilai seperti pada tabel 9 dan tabel 10.

Dari tabel 9 dan tabel 10 dapat dilihat bahwa agregat kasar ukuran $\frac{3}{4}$ " dan $\frac{3}{8}$ " yang telah diuji memiliki kualitas yang sangat baik dan bisa digunakan pada campuran beton aspal.

b. Agregat halus

Hasil pemeriksaan karakteristik abu batu (*dust*) dan pasir dari *Stone Crusher* Taipa, diperoleh nilai seperti pada tabel 11 dan tabel 12.

Tabel 11 dan tabel 12 menunjukkan bahwa abu batu dan pasir yang diproduksi pada *Stone Crusher* Taipa memiliki kualitas yang baik karena memenuhi semua spesifikasi teknis sehingga dapat digunakan pada campuran beton aspal.

c. Bahan pengisi filler abu batu bara

Komposisi unsur yang terkandung pada abu terbang batu bara yang akan digunakan pada penelitian ini, setelah dilakukan uji pendahuluan pada Laboratorium Analitik Pertanian UNTAD, yaitu diperoleh data-data sebagaimana disajikan pada tabel 13. Sementara hasil analisa saringan

dan pemeriksaan berat jenisnya disajikan pada tabel 14.

d. Pengujian karakteristik aspal

Aspal yang digunakan untuk campuran beton aspal adalah aspal keras produksi Pertamina dengan Penetrasi 60/70. Dari hasil

pemeriksaan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako diperoleh data-data hasil pengujian yang memenuhi persyaratan spesifikasi campuran beton aspal, seperti yang disajikan pada tabel 15.

Tabel 11. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus Pecah (Abu Batu)

No.	Pengujian	Standar Penelitian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan
1.	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	Lamp. 3	-	-
2.	- Berat Jenis	SNI 03-1970-1990			
	a. BJ. Bulk		2,608	Min. 2,5	-
	b. BJ SSD		2,636	Min. 2,5	-
	c. BJ Apparent		2,682	Min. 2,5	-
	- Penyerapan Agregat		1,061	Maks. 3	%

Tabel 12. Hasil Pemeriksaan Kualitas Agregat Halus (Pasir) Sungai Palu

No.	Pengujian	Standar Penelitian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan
1.	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	Lamp. 4	-	-
2.	- Berat Jenis	SNI 03-1970-1990			
	a. BJ. Bulk		2,577	Min. 2,5	-
	b. BJ SSD		2,614	Min. 2,5	-
	c. BJ Apparent		2,675	Min. 2,5	-
	- Penyerapan Agregat		1,420	Maks. 3	%

Tabel 13. Hasil Uji Komposisi Kimia Abu Terbang Batu Bara

No.	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1	SiO	%	48,51
2	Al ₂ O ₃	%	15,3
3	Fe ₂ O ₃	%	8,68
4	CaO	%	3,76
5	MgO	%	2,21
6	Na ₂ O	%	1,05
7	K ₂ O	%	1,71
8	H ₂ O	%	18,76

(Sumber : Hasil Olah Data 2009)

Tabel 14. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Bahan Pengisi Abu Terbang Batu Bara

No.	Pengujian	Standar Penelitian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan
1.	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	Lamp. 5	-	-
2.	Berat Jenis	SNI 03-2460-1991	2.483	-	-

(Sumber : Hasil Olah Data 2009)

Tabel 15. Hasil Pemeriksaan Bahan Pengikat (Aspal Pen 60/70)

No.	Pengujian	Standar Penelitian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan
1.	Penetrasi, 25 °C; 100gr 5 dtk; 0,1mm	SNI 06-2456-1991	72	60 - 79	mm
2.	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	1,032	Min. 1	-
3.	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	48	48 - 58	°C
4.	Daktilitas 25°C	SNI 06-2432-1991	154,5	Min. 100	cm
5.	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991	0,437	Maks. 0,8	% Berat

(Sumber : Hasil Olah Data 2009)

Tabel 16. Nilai Kepadatan dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Kadar Aspal	Nilai Kepadatan (gr/cm ³)				
	Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara (%)				
(%)	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
4.5	2.296	2.299	2.304	2.302	2.314
5.0	2.310	2.312	2.312	2.314	2.324
5.5	2.308	2.314	2.313	2.315	2.329
6.0	2.314	2.313	2.321	2.328	2.335
6.5	2.316	2.320	2.320	2.322	2.336
7.0	2.318	2.325	2.322	2.329	2.337

(Sumber : Hasil Olah Data 2009)

4.2 Hubungan Antara Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara dengan Karakteristik Campuran Beton Aspal

• Kepadatan

Untuk melihat hubungan antara nilai kepadatan dengan variasi kadar filler abu terbang batu bara dapat terlihat pada tabel 16.

Dari hasil pengujian Marshall diperoleh nilai kepadatan untuk variasi kadar

filler abu terbang batu bara terhadap berbagai kadar aspal. Dari gambar 6 terlihat kecenderungan kepadatan mengalami kenaikan. Sehingga dapat disimpulkan dengan adanya penambahan kadar filler abu terbang batu bara kedalam campuran, yang disertai dengan naiknya kadar aspal dalam campuran diindikasikan dapat menaikkan nilai kepadatan suatu

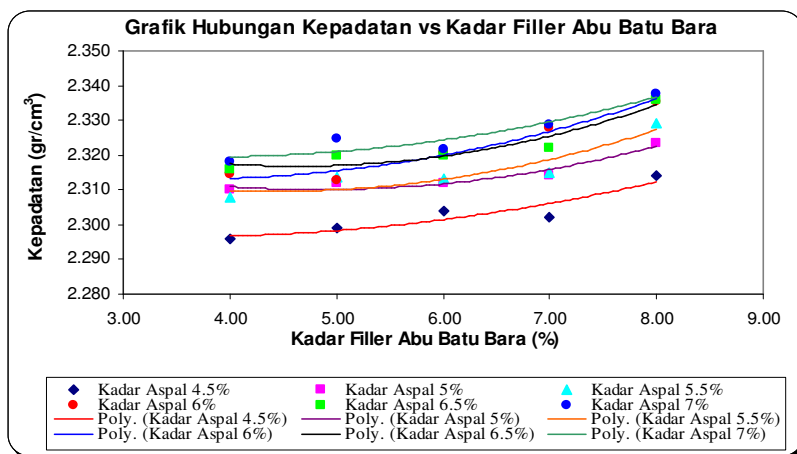
campuran beton aspal. Hal utama yang menyebabkan kepadatan menjadi tinggi ialah kandungan mineral halus dalam hal ini filler abu terbang batu bara pada campuran, yang membuat kerapatan antar agregat dengan bitumen menjadi tinggi dan menyebabkan sifat *interlocking* dari partikel-partikel agregat dengan aspal bertambah.

- **Void In Mixture (VIM)**

Void In Mixture VIM merupakan persentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. Nilai VIM menjadi indikator durabilitas

atau memberi pengaruh terhadap keawetan dari campuran beton aspal. Hasil pemeriksaan VIM campuran beton aspal disajikan pada tabel 17.

Dari hasil pengujian menunjukan bahwa penambahan kadar filler abu terbang batu bara kedalam campuran cenderung menyebabkan nilai VIM menurun. Hal ini disebabkan karena rongga yang ada terisi oleh filler lebih banyak. Nilai VIM yang cenderung memenuhi spesifikasi terjadi pada kadar filler abu terbang batu bara 5,5 % - 6,5%

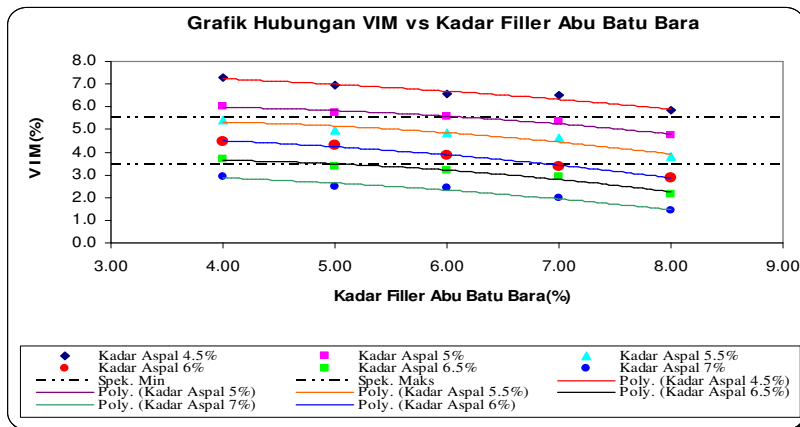


Gambar 6. Grafik Hubungan Kepadatan dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Tabel 16. Nilai VIM dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Kadar Aspal	Nilai VIM (%)				
	Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara (%)				
(%)	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
4.5	7.262	6.944	6.582	6.504	5.824
5.0	6.012	5.739	5.581	5.340	4.750
5.5	5.411	4.974	4.854	4.617	3.831
6.0	4.462	4.327	3.841	3.393	2.890
6.5	3.713	3.355	3.200	2.946	2.179
7.0	2.945	2.459	2.434	1.981	1.426

(Sumber : Hasil Olah Data 2009)



Gambar 7. Grafik Hubungan VIM dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Tabel 17. Nilai VMA dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Kadar Aspal (%)	Nilai VMA (%)				
	Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara (%)				
	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
4.5	16.376	16.224	16.042	16.090	15.643
5.0	16.306	16.195	16.197	16.099	15.737
5.5	16.819	16.564	16.598	16.504	15.974
6.0	17.028	17.037	16.754	16.477	16.199
6.5	17.414	17.231	17.234	17.126	16.624
7.0	17.785	17.495	17.608	17.333	17.015

- Void in Mineral Agregat (VMA)

Nilai VMA merupakan persentase rongga yang ada diantara butir agregat dalam campuran beton aspal yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume campuran beton aspal. Nilai VMA dapat dilihat pada tabel 18.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai VMA terhadap variasi kadar filler abu terbang batu bara pada tiap kadar aspal. Nilai VMA cenderung semakin menurun dengan pertambahan kadar filler abu terbang batu bara, sehingga diperoleh grafik kurva terbuka kebawah (Gambar 8). Hal ini disebabkan karena penambahan kadar filler abu terbang batu bara membuat ruang yang

tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran semakin sedikit

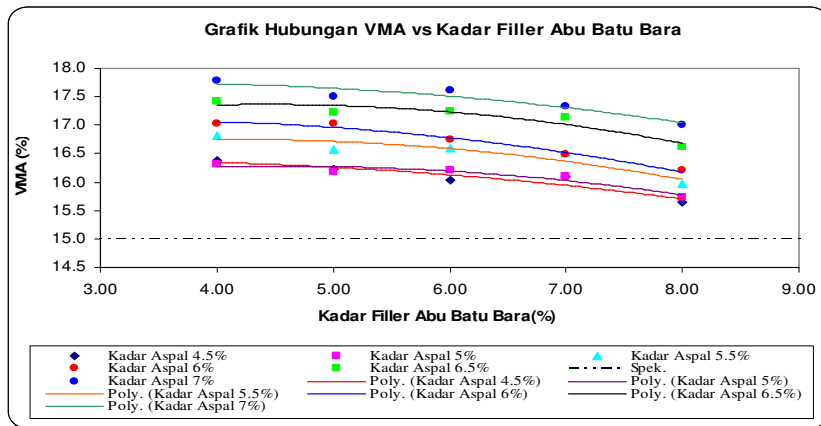
- Void Filled with Bitumen (VFB)

VFB adalah rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butir agregat (VMA). Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi VFB antara lain kadar aspal, gradasi agregat, energi pemadatan dan pemanasan aspal.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai VFB cenderung meningkat seiring dengan pertambahan kadar filler abu batu bara (Gambar 9). Hal ini disebabkan

karena kadar filler abu terbang batu bara yang ada menyerap aspal dan mengisi rongga lebih banyak. Nilai VFB terbesar terjadi pada kadar aspal 7% dengan kadar filler abu terbang batu bara 8%, yaitu sebesar 91,618%. Diketahui pada kadar aspal 4,5% nilai VFB tidak memenuhi spesifikasi yang

ditetapkan. Pada kadar aspal 5% nilai VFB baru memenuhi spesifikasi pada kadar filler abu terbang batu bara 6 %. Pada kadar aspal selanjutnya yakni 5,5%, 6% 6,5% dan 7% nilai VFB memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.



Gambar 8 Grafik Hubungan VMA dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Tabel.18 Nilai VFB dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Kadar Aspal	Nilai VFB (%)				
	Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara (%)				
(%)	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
4.5	55.664	57.201	59.029	59.576	62.773
5.0	63.143	64.589	65.547	66.831	69.817
5.5	67.832	69.973	70.759	72.029	76.026
6.0	73.813	74.611	77.078	79.433	82.159
6.5	78.678	80.531	81.433	82.805	86.898
7.0	83.445	85.989	86.179	88.571	91.618

(Sumber : Hasil Olah Data 2009)

- Stabilitas

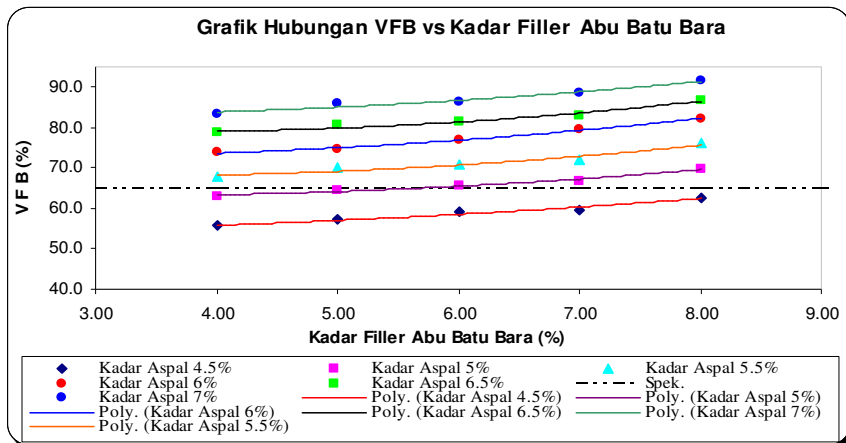
Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun mengalami *bleeding*. Nilai stabilitas dipengaruhi

oleh kohesi aspal, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel – partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan serta gradasi agregat.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai stabilitas yang diperoleh cenderung mengalami kenaikan

sampai pada batas optimum kemudian mengalami penurunan (Gambar 10). Nilai stabilitas optimum

terjadi pada kadar filler abu terbang batu bara 6% dan kadar aspal 6%, yaitu sebesar 1643, 901 Kg.



Gambar 9 Grafik Hubungan VFB dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Tabel .19 Nilai Stabilitas dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Kadar Aspal	Nilai Stabilitas (Kg)				
	Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara (%)				
(%)	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
4.5	1235.260	1275.535	1353.394	1329.908	1318.165
5.0	1362.926	1410.479	1475.719	1459.354	1416.826
5.5	1420.438	1495.291	1535.236	1501.747	1479.307
6.0	1542.171	1578.919	1643.901	1595.990	1565.124
6.5	1450.510	1540.605	1555.189	1529.473	1511.818
7.0	1331.539	1365.708	1460.075	1452.056	1396.548

(Sumber : Hasil Olah Data 2009)

- Kelelahan (Flow)

Kelelahan merupakan implementasi dari sifat fleksibilitas campuran yang dihasilkan. Nilai flow dipengaruhi oleh kadar aspal, distribusi agregat dan temperatur pemadatan. Pada tabel 20 dan gambar 11, ditunjukkan nilai flow dengan variasi penambahan kadar filler abu terbang batu bara. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak kadar filler abu terbang batu bara pada campuran beton aspal maka nilai kelelahan (flow) semakin kecil. Hal ini

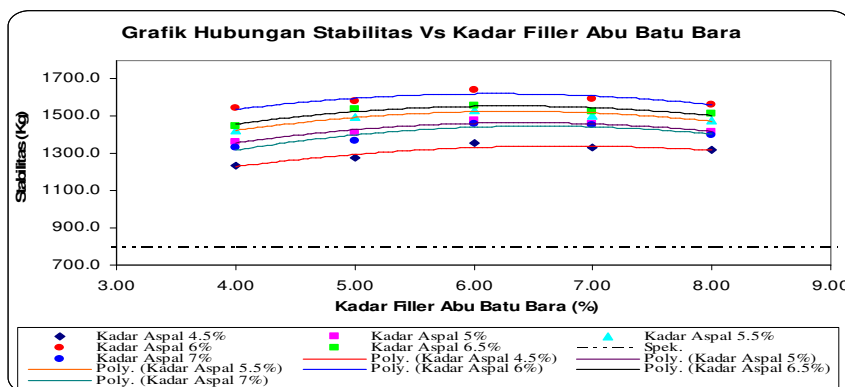
disebabkan karena penambahan kadar filler abu terbang batu bara membuat campuran menjadi rapat sehingga deformasi akibat beban berkurang.

- Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah hasil bagi antara Stabilitas dengan Flow. Nilai MQ menunjukkan fleksibilitas campuran yaitu semakin besar nilai MQ pada suatu campuran maka akan semakin kaku (bila terlalu kaku cenderung mudah retak) campuran tersebut, demikian juga bila semakin

Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler
Abu Terbang Batu Bara
(Anas Tahir)

kecil nilai MQ maka tingkat lentur cenderung kurang stabil)
kelenturan dan plastisitas (terlalu campuran akan semakin besar.

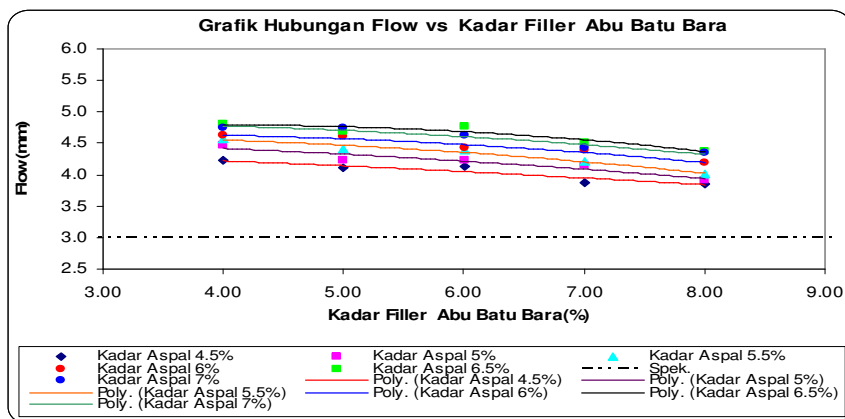


Gambar 10 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Tabel 20. Nilai Flow dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Kadar Aspal (%)	Nilai Flow (mm)				
	Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara (%)				
	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
4.5	4.227	4.107	4.127	3.880	3.860
5.0	4.467	4.227	4.240	4.153	3.903
5.5	4.573	4.410	4.397	4.207	4.013
6.0	4.623	4.603	4.433	4.383	4.187
6.5	4.810	4.690	4.770	4.513	4.377
7.0	4.753	4.740	4.623	4.420	4.347

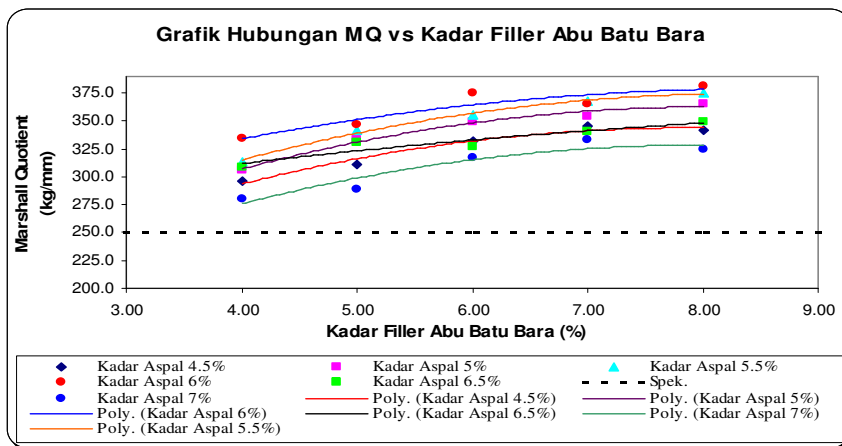
Sumber : Hasil Olah Data 2009



Gambar 11. Grafik Hubungan Flow dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Tabel 21. Nilai Marshall Quotient dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Kadar Aspal (%)	Nilai Marshall Quotient (kg/mm)				
	Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara (%)				
	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
4.5	296.328	310.804	332.549	346.195	341.385
5.0	305.605	333.690	349.802	354.214	364.791
5.5	313.947	342.005	355.588	367.875	374.874
6.0	334.881	346.386	374.833	364.805	381.144
6.5	308.899	331.386	327.254	341.081	349.293
7.0	280.788	288.703	317.021	333.170	324.361



Gambar 12. Grafik Hubungan MQ dengan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai MQ cenderung semakin naik seiring dengan bertambahnya kadar filler abu terbang batu bara. Hal ini disebabkan karena penambahan kadar filler abu terbang batu bara membuat campuran menjadi padat dan kaku. Namun jika dilihat dari bentuk kurva yang terbuka kebawah maka bisa dikatakan penambahan kadar filler abu terbang batu bara yang terlalu tinggi dapat menurunkan nilai MQ, karena mengurangi kohesi antara aspal dan agregat.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Berdasarkan hasil pemeriksaan dan analisis karakteristik campuran aspal beton dengan menggunakan variasi kadar filler abu terbang batu bara menunjukkan adanya peningkatan kinerja campuran beton aspal yang dinyatakan dalam sifat-sifat sebagai berikut :

a. Stabilitas

Stabilitas campuran yang menggunakan filler abu terbang

batu bara cenderung mengalami kenaikan sampai pada batas optimum kemudian mengalami penurunan. Stabilitas tertinggi tercapai pada kadar aspal 6% dengan kadar filler optimum berkisar 6% - 7%

b. Fleksibilitas

Nilai Fleksibilitas campuran dinyatakan dengan *Marshall Quotient* (MQ), menunjukan bahwa nilainya cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar filler abu terbang batu bara kedalam campuran beton aspal. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa campuran akan semakin kaku dengan nilai MQ yang cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya variasi kadar filler abu terbang batu bara kedalam campuran.

c. Durabilitas

Durabilitas campuran dinyatakan dengan nilai stabilitas sisa. Nilai durabilitas meningkat seiring meningkatnya kadar filler abu terbang batu bara yang digunakan berturut 4%, 5%, 6%, 7% dan 8% yaitu sebesar 91,433%, 93,042%, 95,216%, 95,400%, dan 95,703%. Untuk rentang kadar filler 4% sampai 8%, meningkatkan nilai durabilitas, yang mengindikasikan adanya ketahanan campuran terhadap pengaruh cuaca dan beban lalu lintas atau nilai keawetan yang cukup baik.

- 2) Dari kelima variasi kadar filler abu terbang batu bara yang digunakan, kadar filler 6% menjadi kadar filler yang optimum / ideal sebagai bahan pengisi dalam campuran beton aspal, dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,47 %.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka disarankan :

- 1) Untuk menggunakan jenis filler yang lain untuk melihat perbandingan karakteristik Marshall yang dihasilkan.
- 2) untuk menggabungkan antara filler abu terbang batu bara dengan filler lain.

6. Daftar Pustaka

- , 1996, *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*, Second Edition, NAPA Research and Education Foundation Lanham, Maryland, USA.
- AASHTO, 1993, *Guide for Design of Pavement Structures*, Published by the American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2007, *Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi VI Perkerasan Beraspal*, Edisi April 2007, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Kamaluddin Andi, 2004, *Kinerja Campuran Beraspal Panas (Asphalt Concrete Wearing Course) Menggunakan Jenis Filler Berbeda*, Skripsi, Universitas Tadulako, Palu.
- Puslitbang Prasarana Transportasi, 2002, *Desiminasi Spesifikasi – Baru Campuran Beraspal Panas dengan Alat PRD*, Puslitbang Prasarana Transportasi, Bandung
- Sulistiono Djoko, *Tinjauan Teknis Penggunaan Abu Batu Bara sebagai filler Campuran Asphalt Treated Base (ATB)*, 2002, Makalah Teknik Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia, Jakarta
- Sukirman, Silvia, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.

Sukirman, Silvia, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Jakarta

Hunter, R.N., 1994, *Bituminous Mixtures in Road Construction*, Thomas Telford, London.